第**卷第**期 Vol. **, No. **
****年**月 ** ****

DOI:
张震　高端电能表研究［J］. ****，****，**，（**）：00-00

高端电能表研究

张震
华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100

摘　要：本文深入探讨了高端电能表的研究现状与发展趋势，重点分析了进口高端电表的差异化设计、技术标准及特殊测试方法。同时，结合双向互动智能电表新需求，提出了关键技术设计方案，为电表行业提供了有价值的参考。
关键词：高端电能表；差异化设计；双向互动智能电表
中图分类号：TM933.4　**文献标识码：**　**文章编号：**

Research on high-end energy meters

ZHANG Zhen
Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co.，Ltd.，Jinan，shandong 250100，China

Abstract: This paper deeply discusses the research status and development trend of high-end electric energy meters, and focuses on the differentiated design, technical standards and special test methods of imported high-end electric meters. At the same time, combined with the new needs of two-way interactive smart meters, the key technical design scheme is proposed, which provides a valuable reference for the meter industry.
Key words: High-end meters　Differentiated design　Two-way interactive smart meters

作者简介：张震　男，　(1977-)，　从事电能计量技术研究　721047546@qq.com

0 引言

早在2006-2008年，国内几方机构合作研究三相电子式电表品质试验方法，并由万特公司开发生产三相电子式电表品质试验装置。随后，发表《电子式多功能关口电能表性能评估方法初探》文稿，提出ZQ、Q1000、ION8600等多款进口三相关口电能表性能测试报告。在国内，这些合作研究是超前的，但是初步探索，重在研究进口高端电表外部性能测试技术。

为研究国产电子式电表如何进入国际高端市场，2013年10月《中国现代电网量测技术合作研究项目》第三次（郑州）会议提出《进口高端电表全性能研究》合作课题。该课题研究5个方面的内容：进口高端电表技术标准；进口高端电表内部结构剖析；电表器件研究；高端电表生产与工艺稳定性措施；高端电表特殊测试方法。该课题的研究对象是进口高端电表的外部与内部性能的关键测试技术，有些测试子项具有风险与难度。为此，将20年来积累的进口高端电表样本、特殊测试方法及计量溯源研究文稿、资料汇编成册，供《进口高端电表全性能研究》课题实施的参考。

同时，近期国网提出研究双向互动智能电表新需求，成为2014年电表行业的热门话题，本文借鉴国际、国内的AMI工程、高端电表、通信设计经验，就双向互动智能电表技术方案列出关键技术设计文稿，为电表行业双向互动智能电表设计者提供资料。

第一部分：进口高端电表差异化设计与现行产品标准

（2011 年 5 月 15 日）

说明：本部分内容取自2008年6月4日文稿《多功能电能表标准与性能评估（品质）试验方法》。

一、进口电网关口电能表的差异化设计

目前，如何让国产0.2S级多功能表进入电网关口计量的主导地位，成为电能表产业发展的一个期望。综合研究进口电网关口电能表的差异化设计，是评价现行参考标准实用性和讨论与制订新型多功能表企业标准的基础。

差异化设计主要是指这些进口电网关口电能表由哪些指标优于IEC标准？IEC标准没有的功能和指标；同类进口表的同一指标的最高值；与国产0.2S级多功能表相比，技术上有哪些差别与差距；再是，如何适应全球电表市场的应用需求和计量新技术的发展。

本部分内容由八个型号的0.2S级进口电网关口电能表样本汇总而成。

1、电能计量芯片

1）电表企业专有计量芯片

a、采用交流采样功率算法的乘法器芯片：主流产品

b、时分割乘法器芯片：某一进口产品

2）通用芯片组合和专有算法

电压/电流回路14位—18位A/D，32位CPU，最高采样速率每周波256点。

2、电能计量准确度

1）有功电能计量：

a、从0.05%In到Imax的误差曲线为一条水平直线；

b、实际误差控制在±0.05%；

2）无功电能计量：±0.2%；

3）视在电能计量：±0.3%；

a、视在电能两种算法：矢量法、算术法

b、四象限视在电能

4）Qh 计量：±0.3%

5）30年有效寿命期间：保持稳定精度，不需要做任何定期检验。

3、谐波电能计量

1）计量方式之一：单独计量基波和谐波电能

2）计量方式之二：计量总谐波电量及其占总有功电量的百分比。

4、典型电表常数：3×100V、3×5A，C=20000imp/Kwh、Kvarh

5、抗干扰能力和可靠性

1）计量电路和主要器件采用专门设计

2）专门的抗干扰措施

3）电压回路失压和电压恢复时的时序设计

4）所有计量数据存储在一个非易失EEPROM中的两个不同位置，作为原本和副本。

5）电磁兼容性：经过比IEC、ANSI标准更严

酷的测试：

a、高压冲击影响

b、快速暂态和振荡暂态测试

c、快速暂态下的电源升降测试

d、31MHz、154 MHz、454 MHz无线频率干扰测试。

e、不规则电源循环测试

f、低电压延续测试

g、IEEc.37-90.1-1989保护继电器及继电器系统的抗冲击能力测试。

h、ANSIc62.41 抗冲击干扰测试

6、启动功率

1）启动有功功率：小于0.05%额定有功功率

2）启动无功功率：小于0.1%额定无功功率。

7、电压应用范围：

1）自适应电压输入：45~290V（相电压）

2）指定电压量程

a、测量范围：70~115%参比电压

b、允许范围：65~130%参比电压

8、时间基准

1）典型实时时钟（RTC）：20MHz晶振

2）实时时钟的同步源

a、内部晶振

b、电力系统频率：±10PPM。

c、外部ASCII接收器：精度1ms。

d、IRIG-B GPS接收器：精度1ms

e、支持计量系统主站和采集终端校时

9、需量计算

1）需量计算的类别：最大需量；最小需量；当前需量；先前需量；目标需量；累积需量；连续累积需量；热需量。

2）需量周期与电表内部时钟同步。

10、电压小时、电流小时、频率小时、功率因数小时计量。

11、瞬时量的准确、快速测量与记录

1）测量准确度

a、电压： 0.1%

b、相电流： 0.1%

c、中线电流： 0.4%

d、频率（47~63Hz）：±0.01 Hz

e、功率因数： 0.5%

2）最短测量与记录周期：10ms，每秒刷新一次。

3）记录瞬时量的最大值、最小值，时间分辨率 1ms。

4）瞬时视在功率

a、矢量算法

矢量VA=$\sqrt{有功功率^2+无功功率^2}$

b、算术算法

算术VA=Vrms·Irms

c、如果存在谐波电流，并且谐波电压为零

●矢量 VA 不包含有谐波影响

●算术 VA 包含有谐波影响

12、 电压、电流的不平衡度

1）电压零序、负序、正序分量。

2）电流零序、负序、正序分量。

13、 电能质量监测

1）谐波：2~63次谐波，测量准确度1%。

2）单次解析至50次谐波，包括：幅值、相角、谐间波。

3）闪变

4）电压容限曲线CBEMA/ITIC

5）供电可靠性：99.9999999%，表示一年发生故障时间只有2个周波。

6）记录电压突升、突降、扰动。

7）捕捉瞬时电流变化

14、 变压器、电力线路的损耗补偿

1）电压平方小时记录

2）电流平方小时记录

15、　互感器误差动态纠正功能

16、　数据和事件记录

1）非易失性存储器的最大容量：10MB

2）负荷记录

3）数据记录

17、　通信功能

1）通信接口

a、串行接口：RS232，115200bps

RS485，115200bps

b、红外接口：19200 bps

c、内置调制解调器：33600 bps

d、以太网接口：10/100MHz

e、IRIG-B 接口

f、20mA电流环（cs）

2）高速通信方式：帧中继；光纤；无线；有线；电话网；以太网；微波网

3）主要通信协议：

a、IEC62056—21/42/46/53/61/62

b、IEC870—5—102

c、DNP3.0

d、Modbus RTU

e、TCP/IP

4）协议转换RTU单元：该单元有CPU，可直接与SCADA系统或其它本地RTU进行通信

5）Internet互联

a、通过WEB浏览器读取电表内部数据

b、自动发送E-mail，传递报警信息或定期的系统运行状态更新。

c、连接到MV—90系统的关口电能表。

18、　输出、输入功能

1）脉冲输出、输入

2）模拟量输出、输入

3）数字状态输出、输入

4）I/O模块是独立、完整的模块，采用Lonworks协议通过双绞线进行通信。

5）输出脉冲

a、规定之一：脉宽40ms、最大脉冲频率12Hz

b、规定之二：脉宽80ms

c、规定之三：脉宽5~250ms，极性可编程。

6）LED

脉冲频率小于40Hz，脉宽8ms

7）子母表网络：将若干台电表通过光纤建成表网，其中一台电表为母表，具有相当于数据采集器的功能。

19、　显示方式

1）数据

2）曲线

3）事件

4）矢量图

5）谐波棒图

6）背光：LED，0~120min

20、　自诊断

1）方式之一：上电自检，定期检测所有内存

2）方式之二：在上电和连续工作中，对硬件、软件和记录数据进行持续检测。对任何异常事件，可通信上传，紧急告警，显示故障代码。

21、　硬件电路

1）模块化设计：其中的通信模块采用插拔式结构；模块之间的通信，通过母线来实现；在电表使用寿命期间，有些模块可进行现场改装及功能扩展。

2）超级电容：断电保持时间大于20天；

22、　支持软件

1）与ITRON MV-90兼容

2）电表编程软件

3）通信协议编辑器

4）电表数据文件软件

23、　表壳

1）表壳材料

a、材料之一：防静电玻璃纤维加强塑料

b、材料之二：阻燃的聚碳酸脂。在电表寿命周期结束后重复使用。

c、自灭速度：IEC60695-5-11（960 ºC）、UL94（94VO）

2）表壳外型

a、插座式

b、机架式

c、屏柜镶嵌式

d、DIN标准式

e、A型底座式

二、现行参考标准实用性述评

1、 IEC 相关标准

目前，IEC还没有制订多功能表的专门标准，其相关标准，包括：IEC62052-11、IEC62053-21/22/23。

1）IEC62052-11：静止式电能表的通用要求，其内容包括：术语和定义，标准电量值，机械要求，气候条件，电气要求[含电磁兼容性（EMC）]。

IEC62053-21/22/23：1级和2级有功计量/0.2S级和0.5S级有功计量/2级和3级无功计量的静止式电能表的特殊要求，其内容包括：电气方面的特殊要求，准确度要求及试验方法。

2）多电能仪表，测量一种以上电能或其它功能元件，如最大需量指示器，电子式费率表寄存器，时间开关，脉动控制接收器，数据通信接口等也包封在表壳内，则对这些功能元件的标准也适用。

3）为保证在标称工作条件下仪表的固有功能，试验等级被定为最低值。对特殊的应用，其它试验等级可能是必需的，并在用户与制造商间协商确定。

4）电能计量准确度应用范围

a、有功计量：cosφ=0.25（L）—1—0.5（c）

b、无功计量：sinφ=0.25（L/C）—1

c、视在计量：（待查）

5）IEC62053-23：正弦波下的无功电能计量技术规范。

6）电能表试验装置引用标准：IEC60736：1982

7）电能表可靠性要求：由IEC62059系列标准涵盖

8）由IEC相关标准引发的思考

a、cosφ（sinφ）≠1 时，误差限放宽的程度

●IEC62053-21：2003，1级和2级静止式有功电能表

·cosφ=0.5（L）时，1级表误差限为1%

2 级表误差限为 2%

·cosφ=0.25（L）时，1级表误差限为3.5%

2 级表误差限不规定

●IEC62053-22：2003，0.2S级和0.5S级静止式有功电能表

·cosφ=0.5（L）时，0.2S级表误差限为0.3%

0.5S级表误差限为0.6%

·cosφ=0.25（L）时，0.2S级表误差限为0.5%

0.5S级表误差限为1%

●IEC62053-23：2003，2级和3级静止式无功电能表

·sinφ=0.5（L）时，2级表误差限为2%

3 级表误差限为 3%

·sinφ=0.25（L）时，2级表误差限为2.5%

3 级表误差限为 4%

●提出的问题：

一是，IEC相关标准在cosφ（sinφ）≠1时，误差限放宽程度不一，要严于国际上早期的通用要求，cosφ=1时的误差限/ cosφ。

二是，cosφ<0.25时，误差限由企业标准自定？

三是，cosφ=0时，误差定义和计算方法？

b、电压回路的功率消耗

●采用开关电源时，电压回路功率消耗的峰值允许超过平均值，但应确保仪表所连接的电压互感器有足够的负荷能力。

●对内含互感器的仪表，制造厂应注明负荷是感性还是容性。

●提出的问题：

一是，仪表用开关电源常用几种类型？采用的产品标准？

二是，如何捕捉开关电源功耗的峰值？

c、平均温度系数：**应在整个工作范围内测量。**

d、产生外部恒定电磁场的试验设备如何设计？

e、新规定参比条件的测试方法？

●外部连续磁感强度

●参比频率的外部磁感强度

●30kHz-2GHz 的高频电磁场

●150 kHz-80MHz 的射频场的传导骚扰

f、谐波影响量

●直流和偶次谐波试验

·试验线路设计准确性指标？

·半波谐波含量：傅立叶分析不完整

●奇次谐波试验

·标准表应测量含谐波的电能真值（基波+谐波）

·相位触发波形：前沿上升时间 0.2ms±0.1 ms

·相位触发波形：傅立叶分析不完整

●次谐波试验

·标准表应测量总的有功电能量（基波+谐波）

·次谐波含量：傅立叶分析不完整

●提出的问题：

一是，IEC相关标准提供的谐波影响试验线路，谐波范围由直流到21次谐波，又说明傅立叶分析不完整。国际上通用63次谐波分析，可以？采用何种谐波分析技术？

二是，标准表要在奇次谐波和次谐波条件下进行计量溯源？

g、电压范围，包括：

●规定的工作范围

●扩展的工作范围

●极限工作范围

●接地故障时的最大电压

在测定以上电压范围性能时，标准表需进行计量溯源。

h、电/光测试输出；

●电测试输出的参考标准IEC62053-31，其输出波形符合性要进行测试。

●光测试输出

·上升时间采用Tr=0.2μs标准接收二极管来验证

·光的幅射强度 Er 的信号测试？

i、对电磁兼容性（EMC）试验中的要求

●静电放电、辐射电磁场、浪涌抗扰度试验：在试验中，功能和性能有暂短的降低或失去是容许的。

●快速脉冲群试验：在试验中，功能和性能由暂短的降低或失去是容许的。然而仪表准确度应在相应标准规定的极限内。

准确度可以用计数的方法或其它合适方法进行测定。

●射频场感应的传导骚扰、衰减振荡波抗扰度试验：在试验中，应不使设备的状况紊乱且误差的改变应在相应标准规定的极限内。

j、静止式无功表的电流线路功耗指标：2 级和 3 级无功表均为 5VA？

k、当测试一台三相无功电能表时，如果所采用测试方法和被测表不同程度地受电压和电流不平衡影响，则可能增加误差。在此情况下，参比电压必经调整得非常对称。

●提出的问题：

一是，静止式无功表常用几种计量原理？

二是，正弦式无功表对电压不平衡的影响？

2、国标：《多功能电能表 特殊要求》GB/T17215.301-200X

1）多功能电能表国标是一个产品规范，体现产品订货技术规范的大部分要求，其标准电量值、机械要求、气候条件、电气要求、电磁兼容性（EMC）及其试验方法，直接引用IEC62052-11的规定；有关电能计量单元的部分，应符合相应电能表的国家标准（注：GB/T17882、GB/T17883、GB/T17215）；多功能表国标仅规定电能表的特殊要求。

2）多功能表国标：界定了电能计量技术要求，基本功能要求，附加功能，显示要求，编程要求及安全与软件要求等。

3）提出视在电能计量准确度为2级。

4）仪表需量测量的准确度，应符合相应有功电能计量准确度等级指数的要求。

5）明列事件记录、扩展功能。

6）规范需量周期的算法；电压范围的试验方法。

7）采用IEC62056-61仪表标识标准。

8）提出1%Ib（In）、cosφ=1时确定仪表常数的方法

9）提出软件功能：

●采用双备份数据据区加校验技术

●可封缄按钮和内置开关

●访问权限分级管理

10 ）按照 JB/T50070 规定进行可靠性验证试验。

3、国家计量检定规程:《电子式电能表》JJG596-1999

法制计量检定的作用，是保证计量器具计量准确、量值一致。

1）JJG596-1999提供计量检定基本内容，包括：被测表技术要求、基本检定条件，对检定装置要求，检定方法，检定接线图，数据化整方法和检定结果处理。

2）JJG596-1999用于交流有功电能表（包括：标准电能表和安装式电能表）的检定。

3）测试电流以Ib表示，不区分直接接入式电能表，还是经互感器接入式电能表。

4）提出确定基本误差试验方法、校验计度器示值的方法、检定装置的允许误差和允许的标准偏差估计值S（%）。

5）电子式电能表的测量重复性，以标准偏差估计值S（%）表征，提出相应的计算公式。

6）潜动试验方法：电压回路加参比电压，电流回路中无电流时，电能表在启动电流下产生1个脉冲的10倍时间内，测量输出应不多于1个脉冲。

7）提出确定需量误差（%）的方法；需量误差（%）应不大于电能表规定的准确度等级；需量周期误差应不超过需量周期的1%。

4、电力行业标准：《多功能电能表》DL/T614-2007

1 ）DL/T614-2007 规定多功能电能表的订货、验收、使用时的技术要素，规范了功能的设置。

2）提出1级多功能表的低负荷计量考核到0.01Ib（cosφ=1）

3 ）直接接入式的电能表宜选取用过载 10 倍及以上的电能表

4）引用IEEE1459-2000《在正弦、非正弦及平衡、不平衡条件下电功率测量的定义》

5 ）降低仪表功耗指标

6 ）提出验收时的误差限要求和误差一致性考核。

7 ）对有争议的常用术语，包括：失压、临界电压、断相、失流等重新进行定义。

8 ）改进 DL/T614-1997 规定的需量准确度计算法。

9 ）提出仪表常数计算公式；仪表结构要求；

10 ）明确采用《多功能电能表通信协议》DL/T645-2007，进行协议符合性测试，进行数据传输线抗干扰试验。

11 ）按照 DL/T830-2002 规定进行可靠性试验验证。

评论：

1、IEC相关标准定位用于静止式电能表的型式试验，其重点是正弦波、稳定负荷下的电能计量准确度和测试方法，对其它功能的要求，要参考相关标准的规定。

IEC相关标准对国产多功能表的起步、发展起到重要作用。随着综合计量技术的发展，IEC相关标准不断推出新版，但是，还是明显的滞后于前面叙述的进口0.2S级电网关口电能表的计量性能。本文提出的IEC相关标准引发的思考，包函三层意思：

一是，IEC相关标准新版提出一些新的要求和试验方法，国产表要进行跟踪吸纳、充实，提高产品质量。

二是，IEC相关标准原有的要求和试验方法不明确，有待提供完善化技术。

三是，IEC相关标准与现有产品设计技术有差距，需要补充和扩展新的技术要求和试验方法。

目前，根据国产新型多功能表产品开发的情况，期望IEC推出下列计量新标准：

1）0.1S级有功电能计量

2）0.2S级/0.5S级无功电能计量

3）0.3S级/1级视在电能计量

4）谐波影响量的影响试验方法，要提供分析不确定度计算

5）谐波功率定义和谐波分析计算方法。

2、GB/T17215.301-200X是国内第一部多功能表特殊要求的国家标准，在参照国际上先进国家标准基础上，提出多功能表的特殊技术规范。但是，对IEC相关标准存在的应用问题，缺少补充新的技术要求；对需量准确度有不同的看法；对视在电能计量准确度，事件记录，扩展功能需要后续提供正确性考核方法。

3、JJG596-1999定位用于静止式有功电能表的

法制计量检定，主要内容是正弦波、稳定负荷下的电能计量、计时、需量测量准确度和稳定性测试。随着国际、国内电能表产业的发展，无功电能表、视在电能表、平均功率因数计算，谐波电能表的法制计量校准方法，需要列入议事日程。

4、与DL/T614-1997不同，DL/T614-2007定位在电力行业的电能表应用技术规范，改进需量准确度计算方法，提出考核仪表误差一致性、DL/T645-2007协议符合性测试，在国内首次引用IEEE1459-2000标准。作为电力行业标准，需要贴近现代电网的发展，推进电能计量新技术，包括：谐波电能计量、电能质量监测、 多通信方式的应用与测试。

第二部分：进口高端电表样本、特殊测试方法与电表国际认证

一、兰吉尔公司：ZMQ202/ZFQ202 高端电表
二、Q1000 高端电表
三、ION8600 高端电表
四、《如何选择关口电能表》
五、K2006 型 0.01 级三相标准表与功率因数 0.01 的计量溯源
六、KV 2c™ 型三相多功能电表与IEEE1459-2000
七、E700 多功能系列：视在功率的矢量算法与算术算法
八、兰吉尔公司单相电子式电表可靠性的国际认证
九、UL 取得模式 B 电表评估和认证欧洲计量器具指令认可资格
十、林洋电子通过 SGS 国际认证/SGS：电能表产品一站式解决方案
十一、KEMA校准和表计实验室

第三部分：国网“2014 年计量工作推进会议”提出研究双向互动智能电表新要求

说明：本部分内容取自《“面向新需求，开拓新产业”（二）——前景可期的电网量测新技术（产品）的研究与引用》

（2014 年 7 月 10 日）

双向互动智能电表/双向通信、多种通信网关技术

1）国际上智能电表标准如何制定尚有争议

国际上，智能电表至今没有一个被广泛接受的定义，但是可以描述具有基本功能（计量）和在双向通信基础上的附加功能的仪表。

·英国：

智能仪表定义：含有通信系统，能够在表计上，家庭内部显示系统或者互联网上，存储、检索数据的仪表。

附加功能要求：

·在定义时段的远程抄读功能；

·系统的双向通信功能；

·基于开放标准和协议的家庭区域网络；

·支持多种费率；

·支持远程接通/切断供电；

·支持负载管理能力；

·支持与微型发电机里的测量设备进行通信；

2）GE公司智能电表

·ANSI 标准产品系列

单相电表

·I-210+ 只有计量功能的固态单相电表，具有AMI选用功能

·I-210+C 多功能固态单相电表，具有AMI选用功能

·WXI-210 具有 WiMAX 功能的多功能单相电表

注：WiMAX——无线宽带通信方式

多相电表

·KV2c固态多功能三相电表，具有AMI选用功能

注：GE 公司尚有 IEC 标准同类产品

·I-210+C 单相电表设计规范

典型准确度：±0.2%

计量功能

·有功电能计量：正向/反向，正向+反向，正向-反向

·无功电能计量：滞后/超前，滞后+超前，滞后

-超前

·矢量视在电能计量

·TOU 记录

·需量计算

·负荷曲线/间隔记录

电压监测：最小、最大、平均电压记录，电压下跌/上升计数和量值记录

电价方案：多费率电价

通信接口：多通信方式

远程断路开关：两个内置开关，其中有1个200A负荷开关

设计寿命：15 年

电表芯片：32Bit CE；8bit MPU

·GE（中国）公司：GE智能电表增加两大特征：

·双向通信功能，即电网不仅能从电表收集用电信息，更能将电网信息（如实时电价）及控制命令下达给电表，电表接收并作出“智能”响应。双向通信还包括与智能家电、其他表计的信息传递与控制命令。

·拥有基于标准的、开放的内置高级智能程序。只要接收到的信息符合预先设置的逻辑，就能自主作出判断和响应，无需等待主站再次发出指令。该程序可以实行远程修改“政策”，进行软件升级、维护。GE高级应用程序提供多种格式的交换数据信息，方便与上级软件平台集成，拥有更多智能功能。

3）中国电科院：《灵活互动智能用电的技术架构探讨》

智能用电服务目标是实现“互动服务多样、市场响应迅速、接入方式灵活、资源配置优化、管理高效集约、多方合作共赢”。

按照互动业务承载的内容，可以分为信息互动服务、营销互动服务、电能量交互服务和用能互动服务4类。

·信息互动服务是基础服务，是实现其它互动业务的基础。包括两方面含义：一是供电公司根据客户对信息查询的定制要求，借助网站、终端等多种方式向客户推送信息；二是用户可通过网站、互动终端、热线电话等多种渠道将自身信息传递给供电公司。

·营销互动服务属于基础专业服务，是指通过互动终端、服务网站、智能营业厅等多种服务渠道，为客户提供多样化的营销服务渠道和服务方式，支持业扩报装、投诉、举报与建议、用电变更、故障抢修以及多渠道缴费等电力营销业务。

·电能量交互属于高级专业服务，是指为客户侧分布式电源、储能装置、电动汽车等提供便捷的接入服务，实现包括双向计量计费、保护控制、智能调配等在内的服务功能，支持电能量的友好交互。

·用能互动服务属于高级专业服务，是指以优化用户用能行为、提高终端用能效率为目标的的相关业务，包括用户用能设备管理与控制、用能诊断与优化策略、自动需求响应等业务，为优化用户用能模式，实现供需优化平衡提供技术手段。

4）杭州海兴公司：《智能电能表应用及发展趋势》

欧洲、澳洲及南非等国目前在智能电能表领域的应用与特点：

·实现基本电能计量，支持反向电能计量

·作为通信网关，可灵活配置多路通信接口，包括：

上行数据通信；

本地数据通信；

与水表、气表数据通信；

与家庭智能显示单元/客户信息交互单元数据通信；

与家庭内第二回路继电器控制设备的通信。

·采用统一的国际通信协议

·作为数据网关，支持大容量数据存储。

·满足需求侧负荷控制管理的要求，包括远程自动控制、容量控制、紧急人工控制。

·远程、本地预付费支持

·提供信息转发服务

·表计固件非计量部份支持远程升级

·高数据安全及物理防攻击安全

·易实现的用户能源管理思路

5）智能电表误差一致性技术设计

·基本计量误差曲线要平坦

威胜集团公司：《复化 Newton-Cotes 积分算法在电能计量中的应用》

该文提出用高阶复化Newton-Cotes积分算法来代替现有点积算法，从而提高电力系统电能计算、电参数计算的准确度。

·极低功率因数下的计量误差要控制

威胜集团公司：《一种高精度动态角差补偿算法》

该文叙述的高精度动态角差补偿算法，兼具了经典牛顿插值算法的优点和FIR数字滤波器严格的线性相位特性，可实时补偿温漂特性，并详细给出算法理论推导与工程实现方法。

6）《进口高端电表全性能研究》合作项目正在进行时

进口高端电表全性能研究项目如何实施？国内某大型电表企业的建议：

·进口高端电表研究的表型：兰吉尔公司的ZMQ202C.6；伊斯卡公司的WQMT；埃尔斯特公司的A1800；爱拓利公司的SL7000；艾创公司的Q1000；红相公司的MK6E。

·进口高端电表内部结构、性能剖析

元器件：热敏电阻；通孔电解电容；PUS电缆；CT；电压采样电阻；PCB板层；时钟电池；AD；电压基准；晶振；端子排。

PCBA加工工艺；板型布局；清洗；覆膜；分板。

整机结构：PCBA安装方式；端子排铜条限位；底盒限位柱；电压端子线固定方式；CT线固定方式；显示板固定方式。

·影响关口电表准确度的稳定性，主要存在小信号准确度发散；长期工作后准确度发漂；如何提高温度、湿度变化下准确度的适应性问题。

·元器件与零部件的选型与控制

精选欧洲元器件供应商

精细的内部选型测试

特殊要求的电路板材料

·高端电表性能的特殊测试方法

现场工况测试：负荷变化频繁、畸变，低功率因数，轻载。

线性度测试：从启动电流到最大负荷电流误差线性

多应力测试：模拟现场负荷环境，检验可靠性。

·进口高端电表全性能研究报告编制准备工作

收集进口表检测误差及现场校验误差

调研进口高端电表生产工艺稳定性方法

7）智能电表品质鉴别技术

·国网公司电能计量器具性能评估实验室（重庆电科院）：《电子式多功能关口电能表性能评估方法初探》

该文从关口电能计量的特殊性出发，提出了关口电能表性能要求纲要，在广泛收集IEC标准、进口电能表技术指标以及现场常见运行问题的基础上，提出了关口电能表性能评估方法，作为鉴别多功能电能表性能质量差异的参考。

·郑州万特公司：WT-Z3D6PZ 电子式电能表品质试验装置

8）智能电表可靠性的国际认证

·兰吉尔表计（珠海）公司：《静止式电能表可靠性评估方法介绍》

该文介绍专对表计进行可靠性评估的英国燃气和电气行业监管机构（OFGEM）的情况。OFGEM是国际上较早依据SN29500标准对电能表和气表等计量仪表进行可靠性评估试验的国际专业认证机构。OFGEM将可靠性与寿命评估作为计量仪表产品定型试验的一部分内容，并依据SN29500标准建立了各类材料与零部件的指数分布失效模型数据库，并运用该模型数据库编制了一套

程序文件和软件分析工具。OFGEM把可靠性下降到97%时的运行小时数（或年限）作为该产品的理论使用寿命。

9）网关中的协议转换要求与方法：该协议转换必能容纳不同物理设备间的各种差异，实现互联网间协议的转换，参与通信协议的转换；执行报文存储转发功能及流量控制；按不同的编址原理，组成不同的最大分组长度，不同的物理服务类型，支持不同的物理接口；不同的超时机构，不同的差错恢复和状态报告能力等。

协议转换方法有两种：一是制定一种各网络统一的标准分组格式，这一格式不要求在各网络内部使用。当分组跨越网络时，先由网关将分组转换为这种标准的网间格式，再由连接目的网络的网关，将标准的网间格式转换为另一网络的分组格式。另一是，简单地将进入网关的分组转换为输出网络的格式。

10）河北大学:《基于PIC18F66J60的Lonworks以太网网关设计》

·该文选用Echelon公司推出的智能收发器PL3120和Miciochip公司推出的带有以太网模块的单片机PIC18F66J60实现网关功能，并设计了基于SPI技术的双向接口，实现两个智能芯片间的数据交换。

·硬件连接：LPL3120和PIC18F66J60是通过SPI接口进行数据传输，PIC18F66J60处于主工作模式，PL3120处于从工作模式。为了保证从机也能发起SPI数据传输，加入3条握手信号线，分别是主机请求信号线、从机请求信号线和从机准备信号线；两个芯片的接口电路原有4条信号线，分别是用来传输单片机向PI3120发送的数据、用来传输PL3120向单片机发送的数据、由单片机发送给PL3120的时钟信号和片选信号。

·软件设计：要实现两个芯片之间正常的SPI方式通信，首先要对各芯片SPI接口进行初始化，其次要对两个芯片之间的握手方式进行定义与控制。PL3120程序由Neuron C程序语言实现，PIC18F66J60程序由C语言实现。

·网关与以太网通信。Microchip公司提供了免费的TCP/IP协议栈，可容易被移值到PIC18系列单片机上运行。

·网关与Lonworks网通信。网关在Lonworks网中作为一个节点和低层各节点进行通信，它们之间采用网络变量形式进行。当一个网络变量在一个节点的应用程序中被赋予新值后，Lontalk协议将修改了的输出网络变量新值构成隐式消息，透明地传输到与之共享数据的其它节点上。只有数据类型相同的网络变量才能建立输入输出连接。

·该文设计的以太网关能够将Lonworks网络设备连接到以太网，实现了两网信息共享。

结语

随着智能电网建设的不断推进，高端电能表作为智能电网的重要组成部分，其技术研究和应用发展日益受到关注。本文旨在通过对高端电能表的深入研究，探讨其关键技术和发展趋势，为电能表行业的技术进步和市场拓展提供有益的参考。

参考文献

[1] GE 公司:I-210+C 单相电子式电表

[2] 中国电科院:《灵活互动智能用电的技术架构探讨》

[3] 杭州海兴公司:《智能电能表应用及发展趋势》

[4] 威胜集团公司:《复化 Newton-Cotes 积分算法在电能计量中的应用》

[5] 威胜集团公司《一种高精度动态角差补偿算法》

[6] 国网电能计量器具性能评估实验室:《电子式多功能关口电能表性能评估方法初探》

[7] 郑州万特公司:WT-Z3D6P2 电子式电能表品质试验装置

[8] “兰吉尔第 1 千万个 FOCUS　AX 智能电表下线”

[9] 河北大学:《基于 PIC18F66J60 的 Lonworks 以太网网关设计》